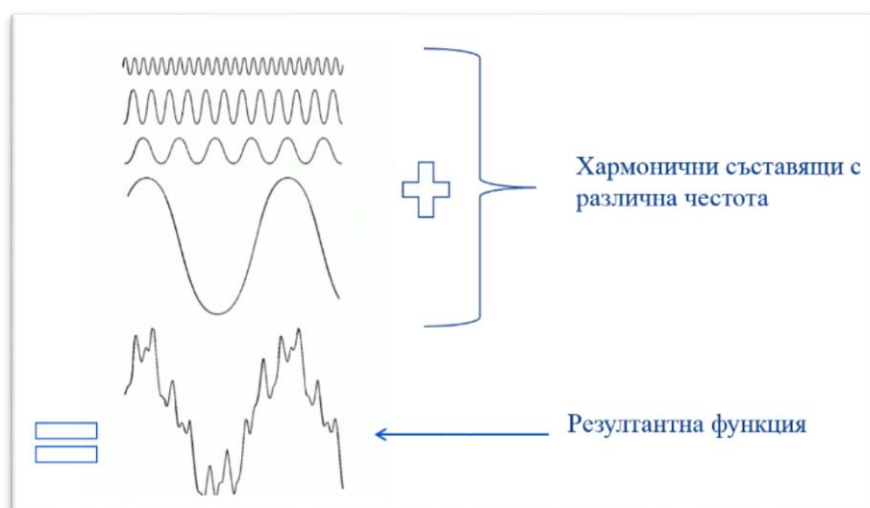


Растерна обработка на изображения с използване на честотна филтрация

Д-р Мария Георгиева

В началото на XIX век френският математик и физик Жозеф Фурие публикува изследванията си, че всяка периодична функция може да бъде представена като претеглена сума от синуси и косинуси с различна честота. Това твърдение е вярно и за всяка неперiodична функция, ако функцията е абсолютно интегрируема, което е винаги спазено за едно регистрирано изображение



ФИГ. 1 ФОРМИРАН РЕЗУЛТАНТЕН СИГНАЛ

На базата на тази разработка се развиват методите и средствата за цифрова обработка на сигналите в честотната област, както в общия случай (Gold, et al., 1969), така и при регистрираните дискретни изображения (Gonzalez, et al., 2004) (Pratt, 2007). Прилагайки право преобразование на Фурие можем да получим неговия Фурие–спектър по пространствени честоти. Основната енергия на сигнала (изображението) ще бъде концентрирана в ниските честоти т.е. те носят информация за общата форма, яркостта и цвета, докато

ВЧ съставлящи описват фините детайли в едно изображение – текстура на кожата, различни дефекти – бръчки, акне, белези и т.н.



ФИГ. 2: А) НАЧАЛНО ИЗОБРАЖЕНИЕ; В) ИЗОБРАЖЕНИЕ, СЪДЪРЖАЩО САМО НИСКОЧЕСТОТНИ (НЧ) СЪСТАВЯЩИ; С) ИЗОБРАЖЕНИЕ, СЪДЪРЖАЩО САМО ВИСОКОЧЕСТОТНИ (ВЧ) СЪСТАВЯЩИ

Разделяйки изображението на слоеве, формирани от различните пространствени честотни съставлящи би могло да се приложи към всеки един от тях специфична обработка така, че да се избегнат често срещаните проблеми при ретуш – например запазването на текстурата на кожата на лицето.

Задачата, която трябва да се реши, има няколко етапа:

- Получаване на изображения, съдържащи различни честотни съставлящи
- Прилагане на подходящи методи за ретуш към отделните изображения с цел решаване на определена задача
- Възстановяване на коригираното изображение

Обработвайки изображението в Adobe Photoshop, може да се получи желания резултат като се използва възможността за работа с различни слоеве и се наруши изброената по-горе последователност.

I. Честотно разлагане във Photoshop

Основната идея на честотната обработка - разделяне на различни съставлящи може да се реализира по няколко начина

A. Разделяне с използване на High Pass филтър

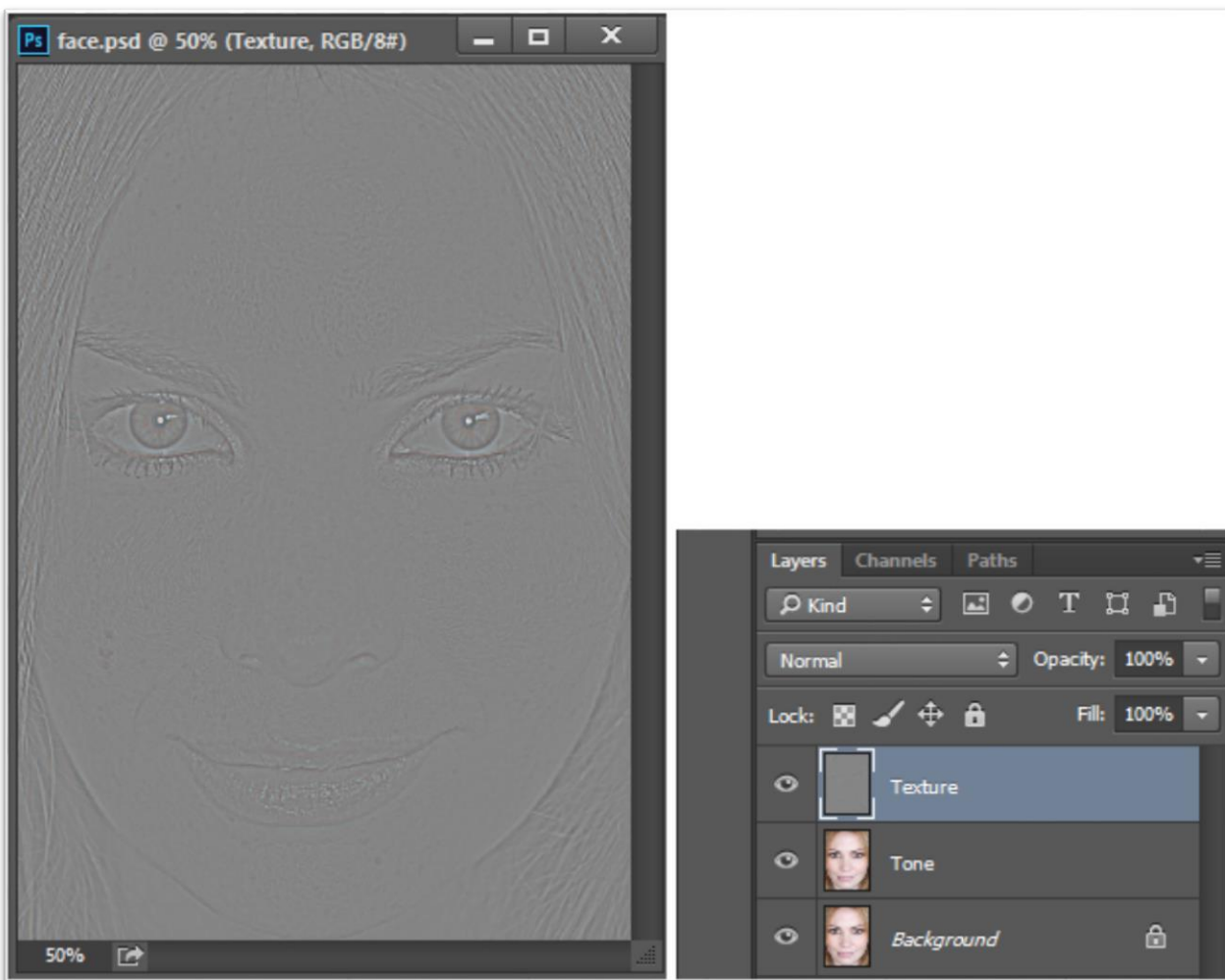
1. Разделяне на две честотни области.

За да се осъществи това разделяне са необходими нискочестотен (НЧ) и високочестотен (ВЧ) филтри. НЧ филтър пропуска само честоти, по-ниски от зададена, а ВЧ филтър реже всички честоти по-ниски от дадена и пропуска по-високите. Тези два филтъра трябва да се допълват взаимно. т.е. след комбиниране на НЧ и ВЧ съставлящи по подходящ начин трябва да се получи непроменено началното изображение.

Във Photoshop НЧ филтрация може да се осъществи с *Filter/Blur/Gaussian Blur*. Контролирайки параметъра му **Radius** се определят пространствените честоти, които остават - колкото е по-голям радиусът, толкова по-ниски са честотите, които остават. Допълнителният към него филтър се явява *Filter/Other/High Pass*. Тогава, ако се създадат две копия на началното изображение и към първото се приложи Gaussian Blur, а към второто - High Pass със същия **Radius** ще се получат съответно НЧ и ВЧ съставлящи. При определяне размера на Radius се изхожда от това какви части от изображението ще се визуализират в размитото копие. Колкото е по-голям радиусът, толкова по-голяма част от изображението ще бъде филтрирана – т.е. изчезват фините детайли, оставяйки само чистата форма. Това налага работа с големи стойности на радиуса. От друга страна, колкото е по-голямо значението на радиуса, толкова по-голям размер ще имат обектите, пропуснати от филтъра High Pass и толкова повече информация за формата ще остане върху слоя, на който би трябвало да останат само фините детайли. Това от своя страна изисква използването на малки радиуси т.е. налице са две взаимно изключващи се изисквания, тъй като за Gaussian Blur и High Pass стойността на радиуса трябва да бъде една и съща. Това обуславя използване на някаква компромисна стойност за всяко конкретно изображение.

Тъй като по някой път се налага многократно да бъде променян радиусът за да се подберат най-подходящите за даденото изображение и целите на ретуша стойности, Андрей Журавлев (liv) предлага двата слоя с НЧ и ВЧ копия да бъдат предварително преобразувани в smart objects. Тогава лесно може в оперативен порядък да се променят значенията на радиуса.

Ако с приоритет е това, какви дефекти ще останат в НЧ слой, то тогава се изключва видимостта на ВЧ слой, прилага се Gaussian Blur с подходящ радиус към НЧ слой, възстановява се видимостта на ВЧ слой и към него се прилага High Pass със същия радиус като на Gaussian Blur.

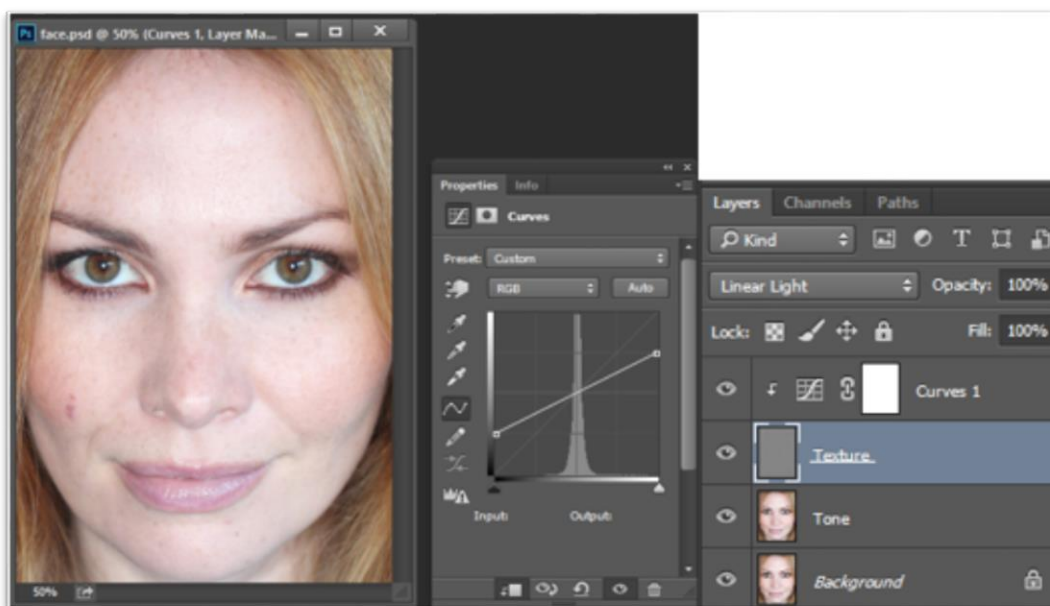


ФИГ. 3 ЛИЦЕТО СЛЕД ДВУКРАТНО КОПИРАНЕ НА НАЧАЛНОТО ИЗОБРАЖЕНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛНО ПРИЛАГАНЕ НА GAUSSIAN BLUR С RADIUS-2,5 И HIGH PASS ФИЛТЪР СЪС СЪЩИЯ РАДИУС

За да се визуализира (възстанови) първоначалното изображение на базата на двата честотни слоя трябва да се промени режима на смесване (Blending mode) от Normal на Linear Light. Възстановеното изображение обаче е с променено средно ниво на яркостта, тъй като за този режим на смесване яркостта на всяка точка от долния слой се увеличава два пъти със

стойност равна на разликата на горния слой от средната. Този проблем може да бъде решен по два начина:

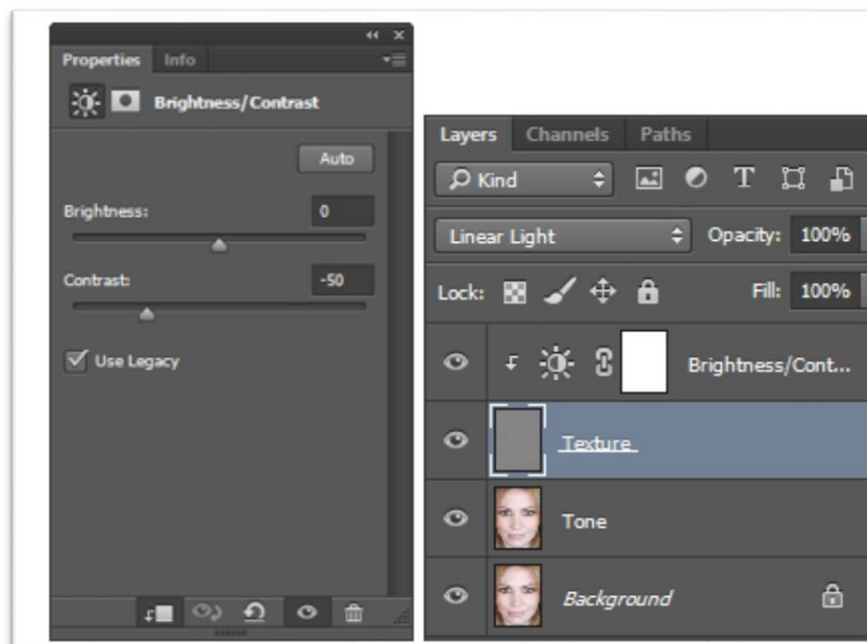
- над ВЧ слой се добавя коригиращ слой „Curves“, за който черната точка е изместена до +64, а бялата – до 192.



ФИГ. 4 РАЗДЕЛЕНОТО ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ДВА ЧЕСТОТНИ СЛОЯ

- За понижение на контраста на ВЧ слой може да се използва и коригиращ слой Brightness/Contrast със стойност Contrast = -50%. В този случай трябва да е избрана опцията Use Legacy.

Коригиращите слоеве трябва да се привържат към ВЧ слой (т.е. да се създаде Clipping mask).



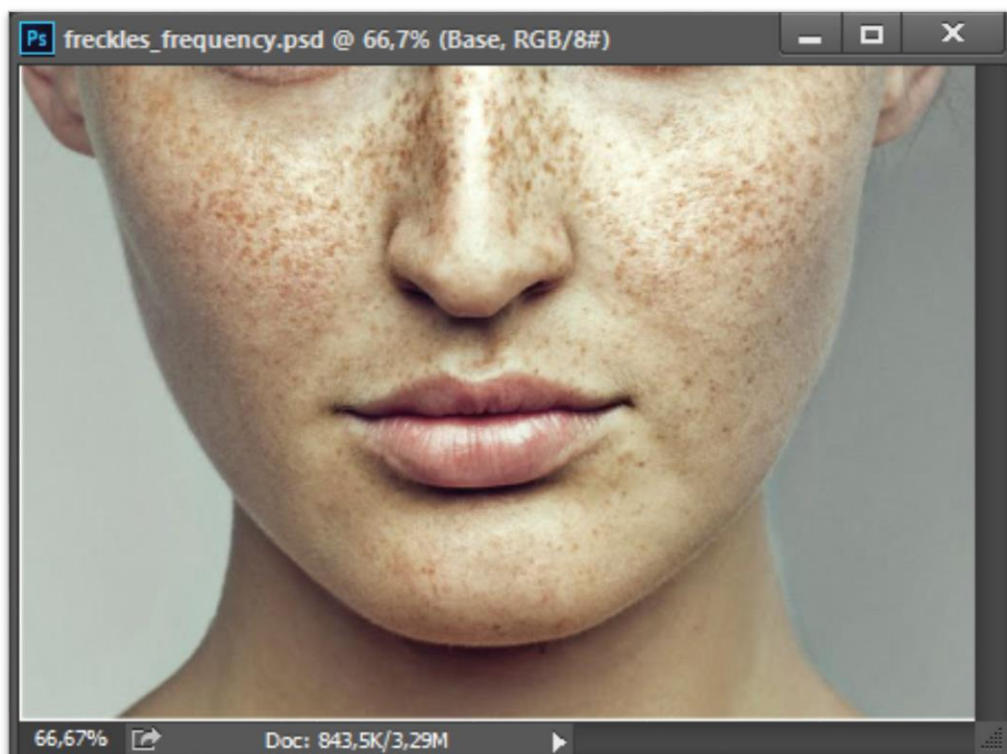
ФИГ. 5 ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА КОРИГИРАЩ СЛОЙ BRIGHTNESS/CONTRAST

2. Разлагане на три честотни области

Значително по-добри възможности за обработка предоставя разделянето на изображението на три честотни области. Това може да бъде полезно при обработка на дефекти с приблизително еднакъв размер - например следи от акне, лунички и т.н.

Последователността на работа е следната:

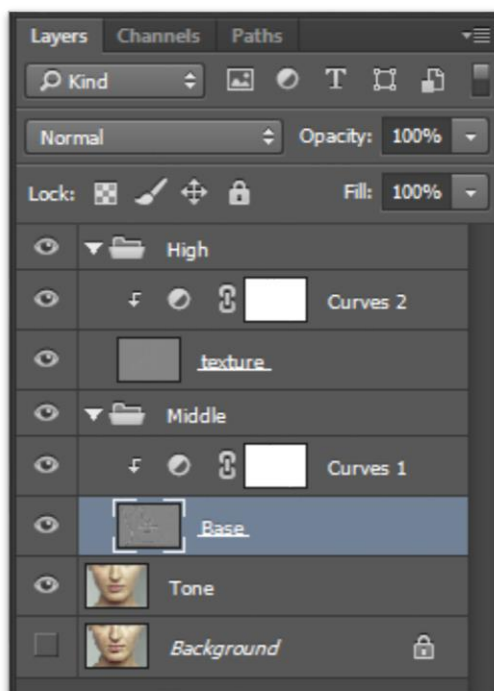
- За получаването на НЧ слой се използва филтър Gaussian Blur, като за радиуса му се установява минималната стойност, при която обектите, подлежащи на ретуш, изчезват. ВЧ слой се реализира с филтър High Pass с максимална стойност на Radius, при която обектите не се появяват. Средночестотният слой се разполага по средата. Това е копие на началното изображение, към което е приложен последователно High Pass филтър с Radius като на Gaussian Blur на НЧ, а след това Gaussian Blur със стойност на Radius като при High Pass филтъра на ВЧ слой. Към него се привързва коригиращ слой Curves за понижаване на контраста и на цялата група се дава режим на смесване Linear Light



ФИГ. 6 ЛИЦЕ С ЛУНИЧКИ – ПЪРВОНАЧАЛНО ИЗОБРАЖЕНИЕ

За лицето от фиг.6 се създават 3 копия на първоначалното изображение – съответно слоеве “Tone”, “Base” и “Texture”. За слоя “Tone” се прилага филтър Gaussian Blur с Radius = 6,5; за слоя “Texture” се прилага High Pass филтър с Radius = 1,2¹. След това за слоя “Base” последователно се прилага High Pass с Radius=6,5; Gaussian Blur с Radius = 1,2. Към слоя “Base” се привързва коригиращ слой “Curves”, обединява се в група “Middle” със слоя “Base” и за цялата група се установява режим на смесване “Linear Light”. Същата операция се повтаря и за слоя “Texture” – добавя се коригиращ слой “Curves”, обединява се в група “High” и за групата се установява отново режим на смесване “Linear Light”.

¹ Тези стойности са подбрани за конкретното изображение – в НЧ слой изчезват всякакви петна, във ВЧ слой остават само фините детайли на изображението - контурите и структурата на кожата



ФИГ. 7 РАЗДЕЛЯНЕ НА НАЧАЛНОТО ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ТРИ ОСНОВНИ СЛОЯ С РАЗЛИЧНИ ПРОСТРАНСТВЕНИ ЧЕСТОТИ

3. Недостатъци и ограничения на метода с използване на High Pass филтър

Основният проблем на разлагането с използване на High Pass се крие в опасността от появата на артефакти при контрастните контури във ВЧ слой, вследствие на алгоритъма му на действие - той изчислява разликата в яркостите на основното изображение и смазаното с Gaussian Blur изображение и го показва като отклонение от средно тоналната яркост (ниво 128). Ако началната е по-светла от стойността на пиксела за смазаното – резултатът ще бъде по-светъл от средно сивото, ако началната е по-тъмно – по-тъмно изображение от средно сивото т.е. получава се средно сиво изображение в областите с плавно изменение на яркостта и ореоли в областите на яркостните контури. Проблемът възниква, когато тази разлика е по-голяма от 128 – тогава High Pass филтърът не може да я отбележи. Възниква грешка от закръгляване.

В. Разлагане на честотни области с помощта на Apply Image

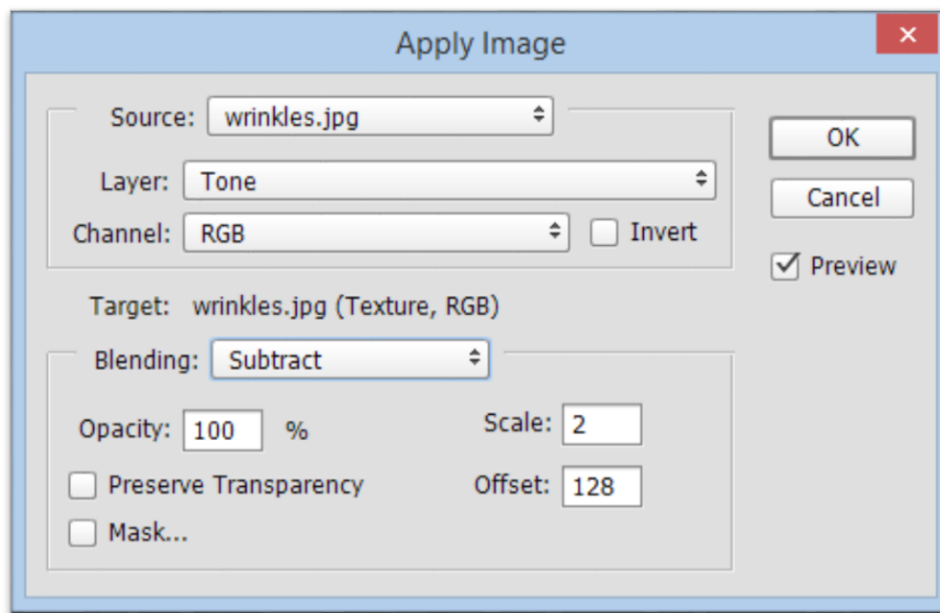
1. Разлагане на две честотни области

За целта се създават две копия на началното изображение – съответно „Texture“ и „Tone“. На горния слой „Texture“ временно се изключва видимостта. За долния слой „Tone“ се прилага Gaussian Blur с подходящ радиус. Включва се видимостта на слоя „Texture“ и към него се прилага операция Apply Image със следните параметри – слой „Tone“, канал RGB, режим на смесване „Subtract“, Scale (мащаб) – 2, Offset (отместване) -128.

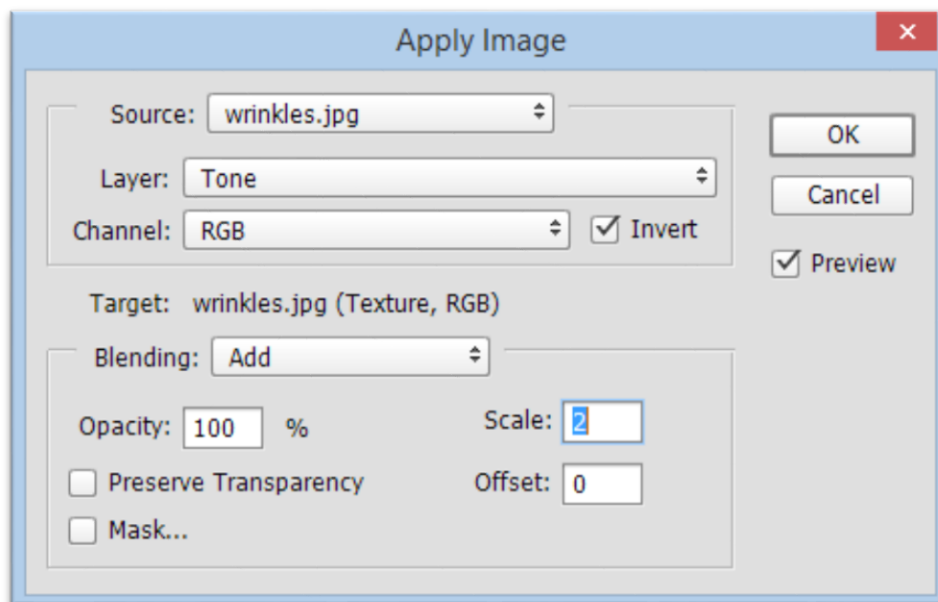
Ако обработваното изображение е с 16 разрядна дълбочина на цвета, вместо режим на смесване „Subtract“ се използва режим „Add“ с параметри - слой „Tone“, канал RGB, режим на смесване „Add“, Scale (мащаб) – 2, Offset (отместване) - 0 и избрана опция „Invert“.

След прилагане на операцията режимът на смесване на слоя „Texture“ се променя на Linear Light

Към основните предимства на метода спада възможността за използване на различни филтри за смазване, а не само Gaussian Blur – например Surface Blur.



ФИГ. 8 ЧЕСТОТНО РАЗДЕЛЯНЕ С ПОМОЩТА НА APPLY IMAGE ЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ С 8 БИТОВА ДЪЛБОЧИНА НА ЦВЕТА



ФИГ. 9 ЧЕСТОТНО РАЗДЕЛЯНЕ ЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ С 16 РАЗРЯДНА ДЪЛБОЧИНА НА ЦВЕТА

2. Разлагане на три честотни ленти.

Когато се налага по-голяма гъвкавост и прецизност в обработката, може да се прибегне към разлагане на три ленти за пространствените честоти. В НЧ слой се оставя само тоновата информация и разпределението на осветеността, във ВЧ – текстурата на обекта (кожата например), а в средната честотна лента (СЧ) – попадат обекти като лунички, бенки, белези и т.н. В този случай ретушът може да се съсредоточи изцяло върху средната лента, без да се унищожава текстурата. Алгоритъмът за разлагане на изображението на три ленти се състои в :

Копира се три пъти базовия слой – получават се съответно слоевете (отдолу нагоре) – „Tone“ , „Base“, „Texture“ . Започва се от най-горния слой „Texture“ и за него се прилага филтър High Pass с подходящ Radius, позволяващ визуализация само на фините детайли. След това за слоя „Tone“ се прилага филтър Gaussian Blur. Радиусът трябва да бъде няколко пъти по-голям от този на High Pass филтъра . В средната ивица попадат всички останали честоти. За да ги отрази слоя „Base“ последователно се извършват следните операции:

- Към него се прилага Apply Image по отношение на слоя „Tone“ с режим на смесване „Subtract“
- Обработка се слоя „Base“ с филтър Gaussian Blur с радиус, равен на радиуса на High Pass филтъра за слоя „Texture“

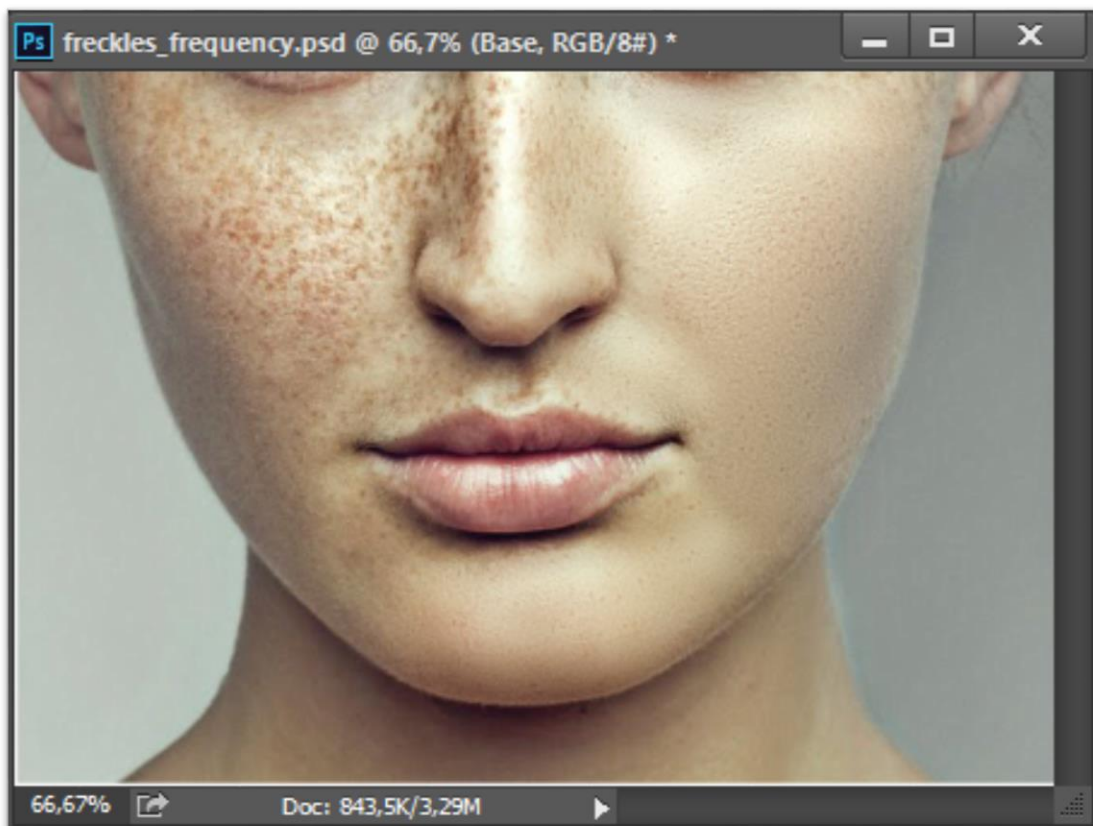
- Променя се режима на смесване на слоя „Base“ на Linear Light
- Променя се режима на смесване на слоя “Texture“ на Linear Light
- Към слоя “Texture” се добавя коригиращ слой “Curves” с корекции за черната точка +64, а за бялата – 192.

II. Ретуш на изображенията

След разлагане на изображението на честотни съставлящи, може да се премине към корекция на всеки от слоевете поотделно.

За ретуш на формата е удобно да се използват различни средства - например Clone Stamp с намалена непрозрачност. Това позволява плавно изглаждане на светлинния рисунок. За съжаление, обаче, при ретуша на лице възникват проблеми с текстурата на кожата: тя започва да се смазва и лицето се превръща в латексова маска. Честотното разлагане на изображението дава възможност за отделна обработка - в НЧ слой може да се коригира разпределението на осветеността, а в СЧ и ВЧ да се ретушират бръчки, лунички, следи от акне без да има проблеми със съгласуването на яркостта.

Например, за изображението от фиг.6 може да се използва разлагане на три честотни ленти. Основният ретуш на луничките се извършва в средния слой, а разпределението на осветеността - в НЧ. След извършената бърза частична корекция, на фиг.10 ясно се вижда чистата кожа със запазена текстура



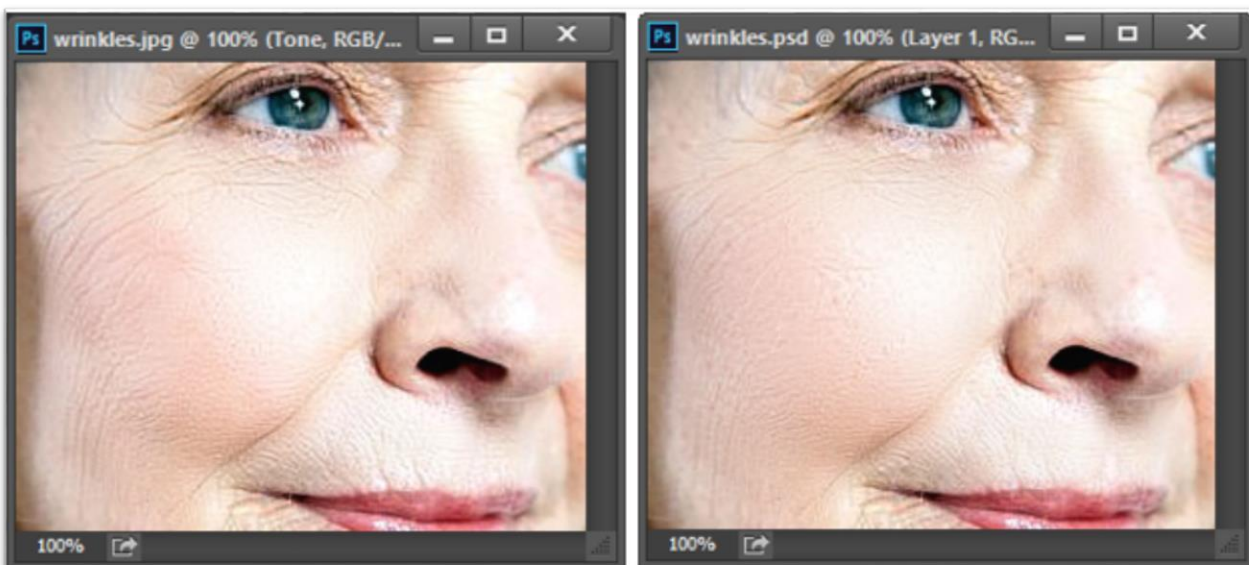
ФИГ. 10 ЧАСТИЧЕН РЕТУШ НА ЛУНИЧКИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА 3 ИВИЧНО ЧЕСТОТНО РАЗДЕЛЯНЕ

Методът на честотно разделяне дава много добри резултати и при ретуш на бръчки. Естествено за по-добър ефект трябва да се използва разделяне на три честотни ивици. За изображението от фиг. 11 се прилага три ивично разделяне със следните параметри – за слоя “Texture” се използва High Pass филтър с радиус 1,4 (не бива да се прекалява, защото ясно се вижда, че портретът е на възрастна жена), за НЧ слой - Gaussian Blur с радиус 4 (приблизително 3-4 пъти по-голям от този на High Pass филтъра)



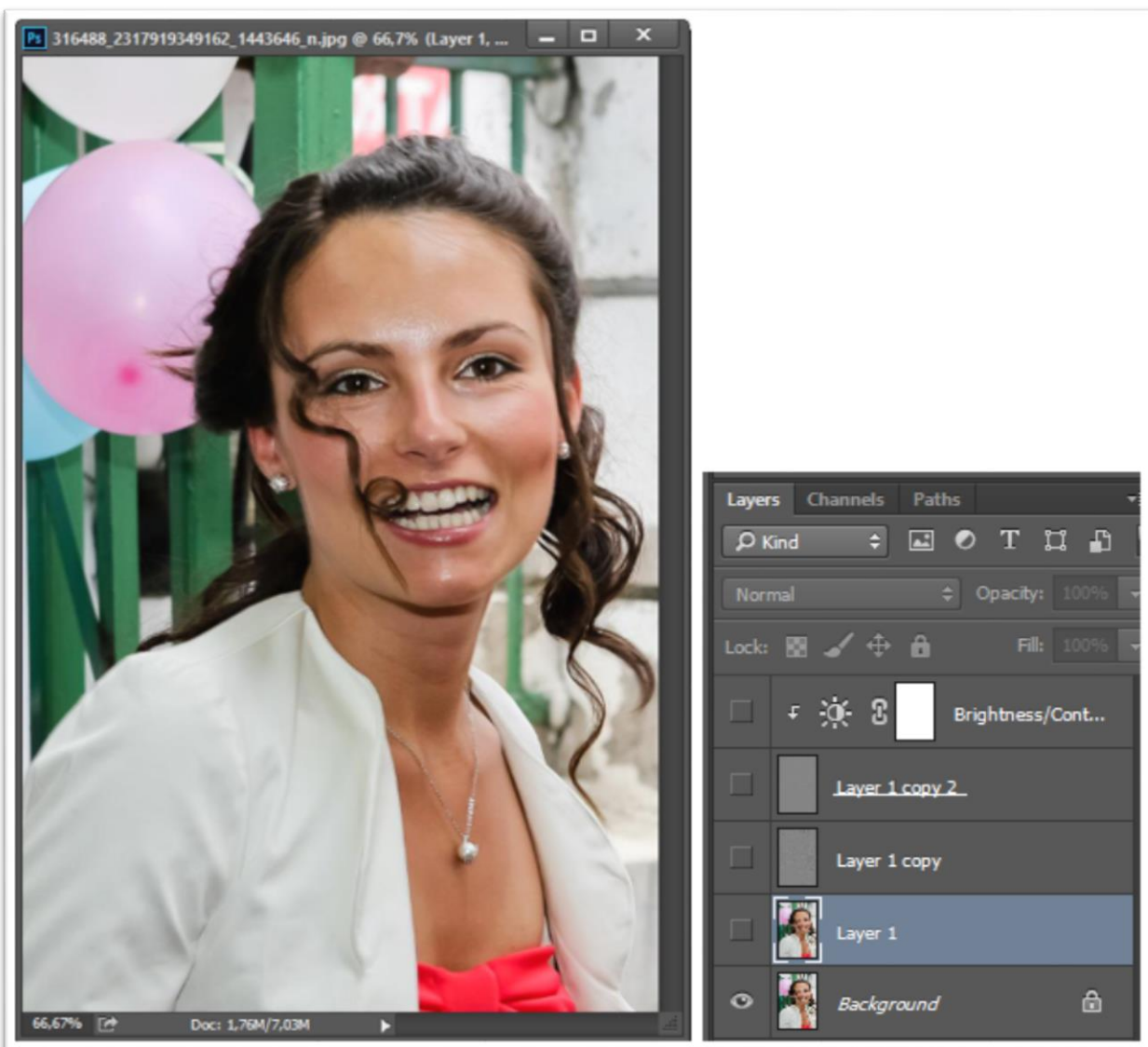
ФИГ. 11 ЧЕСТОТНО РАЗДЕЛЕНОТО И ВЪЗСТАНОВЕНО ИЗОБРАЖЕНИЕ, ПОДЛЕЖАЩО НА РЕТУШ

И тук основната обработка се извършва в средния слой, като целта е само да се смекчат бръчките, без да се ретушират докрай. Резултатът е показан на фиг12, като е използван различен радиус за ВЧ слой.



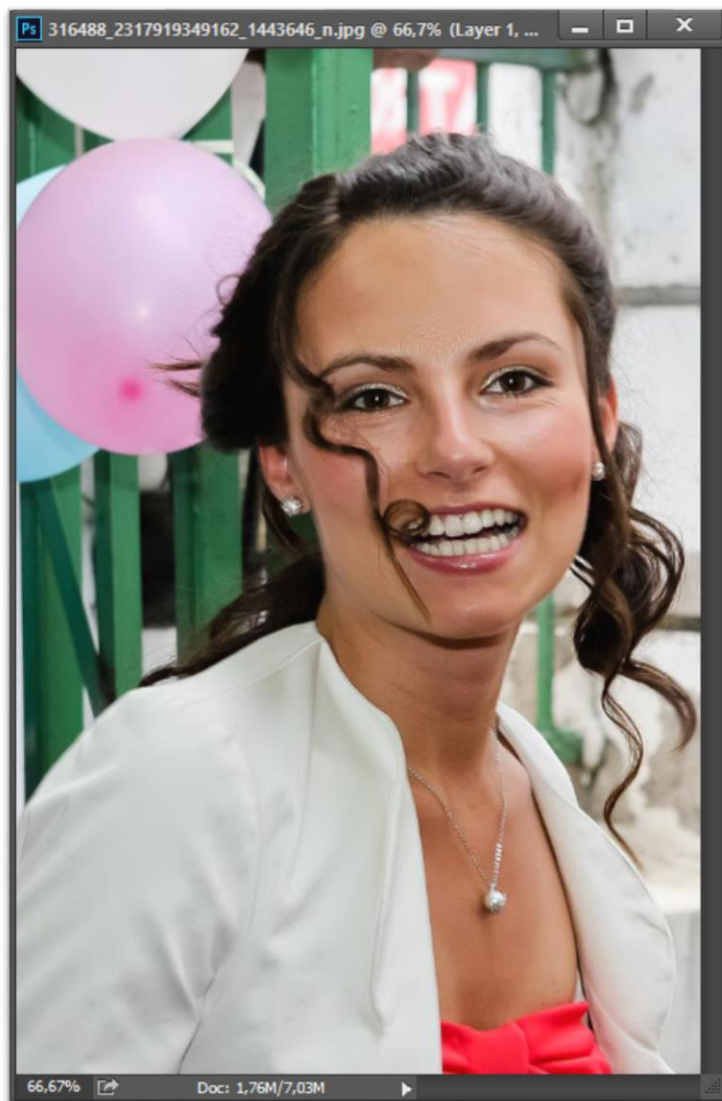
ФИГ. 12 ВЛЯВО - HIGH PASS ФИЛТЪР С RADIUS= 1,4; ВДЯЧНО - HIGH PASS ФИЛТЪР С RADIUS=1,2

Честотното разделяне може да се използва и за ретуш на отблясъци, както и за изостряне на изображения



ФИГ. 13 ИЗОБРАЖЕНИЕ С ОТБЛЯСЪЦИ

Резултатът след обработката на отблясъците е:



ФИГ. 14 КОРИГИРАНО ИЗОБРАЖЕНИЕ

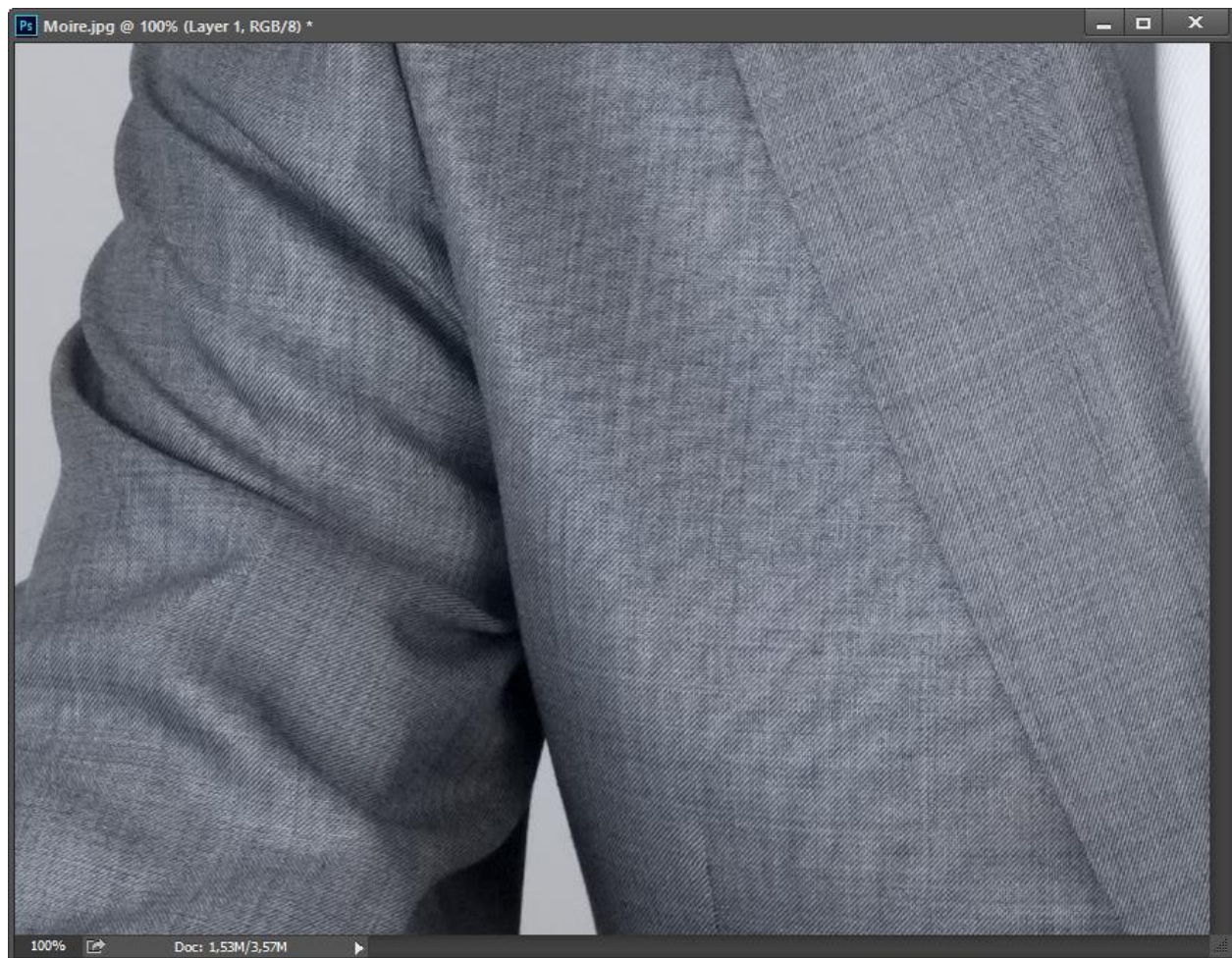
Честотното разделяне дава много добри резултати и при ретуш на монохромни муарови ивици – един тежък и труден за изчистване проблем, чието тривиално решение води до чувствително смазване на изображението, намаляване на рязкостта или разрешението.

Алгоритъмът на действие е следният (pub):

- изчиства се цветния муар (ако има такъв);
- копира се началното изображение в нов слой

- за него се прилага Gaussian Blur, като се подбира Radius, при който изчезват ивиците. Стойността се запомня и се излиза от прозореца на филтъра без да се довърши смазването
- за слоя се прилага филтър High Pass с определения вече радиус
- инвертира се обработения слой – прилага се Image/Adjustments/Invert
- променя се режима на смесване на Linear Light и се компенсира увеличения контраст с помощта на коригиращи слоеве Curves или Brightness/Contrast по коментирания вече начин
- За слоя се прилага филтър Gaussian Blur със стойност на радиуса, при която все още не се пропускат муаровите ивици

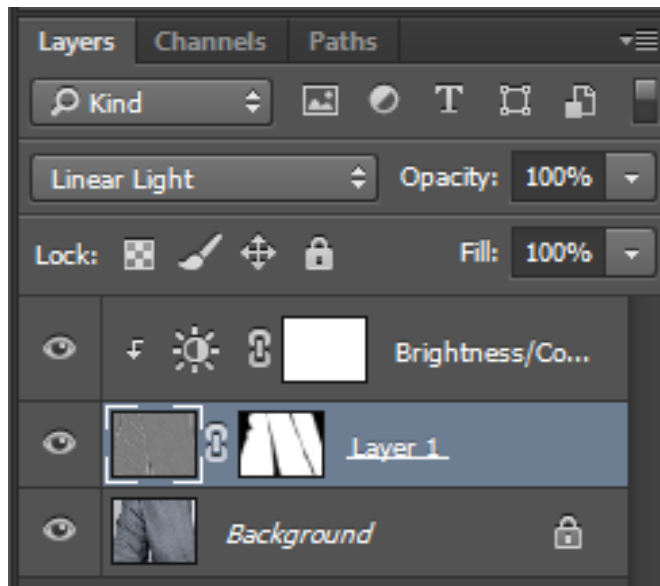
Този начин за изчистване може да се онагледя с изображението от фиг.15



ФИГ. 15 ИЗОБРАЖЕНИЕ С МОНОХРОМНИ МУАРОВИ ИВИЦИ

За него се създава дублиращ слой, към който се прилага High Pass филтър с радиус = 9 пиксела, инвертира се, променя се режима на смесване на Linear

Light, добавя се коригиращ слой Brightness/Contrast с Contrast = -50 и се прилага филтър Gaussian Blur с радиус = 3,3. Действието на слоя се ограничава от черна маска, в която с бяла четка са открити само частите, засегнати от муар.



ФИГ. 16 ИЗГЛЕД ОТ LAYERS ПАНЕЛА НА PHOTOSHOP

Резултатът ясно показва запазената текстура на плата и сравнително доброто изчистване на муаровите ивици без да са засегнати рязкостта и разрешението на изображението



ФИГ. 17 ИЗОБРАЖЕНИЕ С КОРИГИРАНИ МУАРОВИ ИВИЦИ

Литература

Digital Image Processing using MATLAB [Книга] / автор Gonzalez Rafael, Woods Richard и Eddins Steven. - [неизв.] : Pearson Prentice Hall, 2004.

Digital Image Processing, Fourth Edition [Книга] / автор Pratt William. - [неизв.] : John Wiley & Sons, 2007.

Digital Processing of Signals [Книга] / автор Gold Bernard и Rader Charles. - New York : McGraw-Hill Book Company, 1969.

livejournal.com [Онлайн]. - <http://zhur74.livejournal.com/998.html>.

publish.ru [Онлайн] // http://www.publish.ru/articles/200604_4055953.